

## ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОВ И ФЛАВОНОЛОВ В ЛИСТЬЯХ ПРИРУСЛОВЫХ ВИДОВ ИВ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭДАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.

Витебский государственный  
медицинский институт

Изучено влияние комплекса климатических и эдафических факторов на количественное содержание флавоноидов в листьях пойменных видов ив (*Salix triandra* L., *S. alba* L. and *S. acutifolia* Willd.). Обнаружено, что флавоны и флавонолы по-разному реагируют на условия окружающей среды: наибольшее содержание флавонов характерно для особей, произрастающих в северной части ареала и в более высоких местообитаниях; в то время как гликозиды флавонолов накапливаются в максимальных количествах во внепойменных экстремальных местообитаниях, а также в фитоценозах с участием *Rubus caesius* и в степной зоне.

Определение экологических условий, способствующих максимальному накоплению действующих веществ в лекарственном растительном сырье, является актуальной задачей, поскольку облегчает выбор места сбора растений для получения высококачественного сырья. Особую важность приобретает знание этих условий, если собранное сырье используется для получения индивидуальных компонентов, так как позволяет значительно повысить выход вещества [9].

Экологические факторы, влияющие на содержание флавоноидов, можно условно разделить на две группы: 1) климатические, включающие в себя температуру и влажность воздуха, количество и периодичность выпадения осадков и т.д.; 2) эдафические - совокупность химических и механических показателей почвы. [1] Ранее нами было установлено, что и та, и другая группы факторов в значительной степени влияют на количественное содержание флавоноидов в листьях ив, причем при удалении от русла влияние эдафических факторов несколько ослабевает, а влияние клима-

тических факторов усиливается, т.е. для прирусловых видов можно говорить о примате эдафотопы. [5,7]

Экологические факторы по-разному воздействуют на флавоноиды различного строения (флавоны, флавонолы, антоцианы и др.), что по-видимому связано с их различной физиологической ролью в растениях. [10] Целью настоящего исследования явилось сравнение воздействия климатических и эдафических факторов на содержание флавонов и флавонолов в листьях прирусловых видов ив.

Для исследования отобраны три вида рода *Salix*, занимающих различные местообитания в поймах рек и отличающихся широкой изменчивостью [6]: *S. acutifolia* Willd., *S. alba* L. и *S. triandra* L. Было изучено более 100 популяций этих видов в пределах Беларуси, Украины, европейской части России, а также в Латвии и Литве. Для углубленного изучения отобраны 45 популяций с таким расчетом, чтобы как можно более полно отразить изменчивость исследуемых видов.

С целью изучения совокупного влияния окружающей среды в качестве градиций климатических факторов избраны зоны растительности: хвойных, смешанных и широколиственных лесов, лесостепи и степи. В связи с тем, что северная граница ареала *S. acutifolia* Willd. проходит южнее зоны хвойных лесов, популяции этого вида изучались только в пределах двух более южных зон. В качестве градиций комплекса эдафических факторов использовались типы фитоценозов, выделенные на основе учета эдафических условий и видов-индикаторов. [8]

В частности, для *S. triandra* L. выделены 4 ассоциации, три из которых относятся к коренному типу ивняков (ивняк трехтычинковый ежевично-канареечниковый - *Salicetum triandrae ruboso-phalaridosum*), развивающемся на прирусловых отмелях крупных рек и небольших речек. В кустарниковом ярусе этого типа ивняков доминирует *S. triandra* L., а в травостое, имеющем проективное покрытие от 5 до 60%, домини-

нируют и содоминируют в различных ассоциациях различные виды.

Непосредственно у русла развивается ивняк трехтычинковый мезофитно-разнотравный (*S. triandra* L + *Heteroherbosa mesophytica*), на более плодородных супесчаных отложениях с залеганием грунтовых вод на глубине 20-90 см образуется ивняк трехтычинковый канареечниковый (*S. triandra* L + *Phalaroides arundinacea*), а наиболее высокие участки поймы с залеганием почвенно-грунтовой воды на глубине 150-250 см занимает ивняк трехтычинковый крапивно-ежевичный (*S. triandra* L + *Urtica dioica* + *Rubus caesius*). Четвертая из выделенных ассоциаций *S. triandra* L - ивняк трехтычинковый щучково-лабазниковый (*S. triandra* L + *Deschampsia caespitosa* + *Filipendula ulmaria*) - развивается во внепойменных условиях с более или менее выраженной застойностью почвенно-грунтового увлажнения. Эти условия являются экстремальными для данного вида.

*S. alba* L изучалась в ивняках коренного типа (ивняк белый горцевый - *Salicetum albae polygonosum*), развивающегося на суглинистых и супесчаных отложениях в прируслово-зональных условиях пойм крупных и средних рек. В пределах этого типа было выделено две ассоциации: с участием *Phalaroides arundinacea* - на прирусловых отмелях и с участием *Rubus caesius* - на более высоких участках поймы. Кроме этого, аналогично рассмотренному выше виду, изучали *S. alba* во внепойменных застойно-увлажненных местообитаниях, индикаторами которых являются *Deschampsia caespitosa* и *Filipendula ulmaria*.

*S. acutifolia* Willd. занимает сухие местообитания на прирусловых свежеаллювиальных грядах и вне пойм в рыхлопесчаных экотопах, образуя ивняк остролистный наземновейниковый (*S. acutifolia* Willd. + *Calamagrostis epigeios*), а в понижения рельефа с более богатыми почвами и более высоким уровнем стояния грунтовых вод развивается ивняк остролистный ежевичный (*S. acutifolia* Willd. + *Rubus caesius*).

В каждой из изученных ценопопуляций отбирали гербарный материал и у 5-6 экземпляров определяли количественное содержание флавоноидов в листьях ив хроматоспектрофотометрическим способом, используя в качестве экстрагента 95%, 80% и 60% этанол и разделяя сумму флавоноидов методом бумажной хроматографии на бумаге FN 15 в системах растворителей: 1 - изопропанол - муравьиная кислота - вода (2:5:5) и 2 - н-бутанол - уксусная кислота - вода (4:1:2). Оптическую плотность элюатов измеряли на СФ-26 при длине волны, соответствующей максимуму поглощения данного флавоноида.[4] Рассчитывали среднее арифметическое и его ошибку [3] для каждой группы ценопопуляций соответственно вышеназванных градаций комплекса эдафических и климатических факторов.

Количественное содержание суммы флавоноидов в листьях *S. triandra* составляет 3-5%. Основным компонентом является рутин (более 70% суммы). Изорафнетин-3-глюкозид и рафнетин-3-глюкозид содержатся приблизительно в равных количествах (в среднем около 8% от суммы каждый). На долю лютеолин-7-О-глюкозида приходится около 4% суммы, изокверцитрина - чуть более 2%. Остальные флавоноиды присутствуют в небольшом количестве и составляют все вместе около 7% суммы. Таким образом, в листьях *S. triandra* преобладают флавонолы (более 90% суммы) и среди них производные кверцетина (около 3/4 суммы).

Листья *S. alba* содержат от 1 до 1,5% флавоноидов, среди которых в наибольших количествах накапливаются нарциссин (около 60% суммы), альбозид (24% суммы), изорафнетин-3-глюкозид (13% суммы) и рутин (3% суммы). На долю остальных 9 флавоноидов приходится всего чуть более 2% суммы. Заметно преобладание флавонолов (98% суммы), а среди них - производных изорафнетина (около 70% суммы).

Листья *S. acutifolia*, в отличие от вышеназванных видов, содержат в основном флавоны. Из суммарного содержания флавоноидов, составляющего около 4% на абсолютно-сухой вес сырья, на их

долю приходится 98%. Основным компонентом является лютеолин-7-О-глюкозид (в среднем 78% суммы). Близкий ему по строению лютеолин-7-О-галактозид составляет 13% суммы и по 3,5% суммы приходится на лютеолин и космосинин.

Из числа флавонов, обнаруженных в листьях ив, для анализа отобраны диосметин-7-О-дигликозид из листьев *S.triandra*, лютеолин-7-О-галактозид, лютеолин и космосинин из листьев *S.acutifolia*, а также лютеолин-7-О-

глюкозид из листьев обоих вышеназванных видов. Все эти соединения накапливаются в относительно больших количествах и представляют интерес для медицины.[2,9] Данные по их количественному содержанию в связи с изменением климатических и эдафических факторов представлены в табл. 1.

Максимальное накопление гликозидов лютеолина и диосметина в листьях *S.triandra* отмечается в зоне хвойных лесов у особей, произрастающих совместно с *Rubus caesius* и *Phalaroides*

Таблица 1.Накопление флавонов в листьях ив в зависимости от условий произрастания

Эдафические условия	Хвойные леса M±m, мг%	Смешанные и широколиственные леса M± m, мг%	Степь M± m,мг%
<b>Salix triandra L.</b>			
<b>Диосметин-7-О-дигликозид</b>			
S.triandra + Heteroherbosa mesophytica	24,0 ± 3,2	33,8 ± 3,2	33,3 ± 4,8
S.triandra + Phalaroides arundinacea	48,2 ± 8,8	46,1 ± 7,3	28,9 ± 2,3
S.triandra + Urtica dioica + Rubus caesius	70,8 ± 7,5	41,1 ± 5,3	23,9 ± 2,9
<b>Лютеолин-7-О-глюкозид</b>			
S.triandra + Heteroherbosa mesophytica	162,2 ± 24,3	114,6 ± 18,4	82,8 ± 11,1
S.triandra + Phalaroides arundinacea	266,4 ± 34,8	148,2 ± 36,9	46,2 ± 6,8
S.triandra + Urtica dioica + Rubus caesius	234,4 ± 27,4	140,7 ± 26,2	80,3 ± 18,7
<b>Salix acutifolia Willd.</b>			
<b>Лютеолин-7-О-глюкозид</b>			
S.acutifolia + Rubus caesius		3519 ± 221,8	3519 ± 221,8
S.acutifolia + Calamagrostis epigeios		4408 ± 251,0	3181 ± 88,1
<b>Лютеолин-7-О-галактозид</b>			
S.acutifolia + Rubus caesius		485,6 ± 45,3	479,4 ± 15,0
S.acutifolia + Calamagrostis epigeios		778,0 ± 71,8	506,0 ± 30,4
<b>Лютеолин</b>			
S.acutifolia + Rubus caesius		175,1 ± 31,6	169,8 ± 27,2
S.acutifolia + Calamagrostis epigeios		227,9 ± 63,5	69,6 ± 21,1
<b>Космосинин</b>			
S.acutifolia + Rubus caesius		150,0 ± 17,2	130,0 ± 6,8
S.acutifolia + Calamagrostis epigeios		208,9 ± 22,3	128,6 ± 11,0

Таблица 2.Накопление флавонолов в листьях ив в зависимости от условий произрастания

Эдафические условия	Хвойные леса М±м, мг%	Смешанные и широколи- ственные леса М± м, мг%	Степь М± м,мг%
<b>Salix triandra L.</b>			
<b>Рутин</b>			
S.triandra + Heteroherbosa mesophytica	2668 ± 162,3	2628 ± 136,7	3152 ± 107,9
S.triandra + Phalaroides arundinacea	2335 ± 132,0	2897 ± 280,2	3428 ± 135,5
S.triandra + Urtica dioica + Rubus caesius	2740 ± 123,0	3061 ± 154,9	3092 ± 86,6
S.triandra + Deschampsia caespitosa	4090 ± 251,8	2839 ± 162,5	2770 ± 558,4
<b>Изорамнетин-3-О-глюкозид</b>			
S.triandra + Heteroherbosa mesophytica	326,7 ± 28,7	285,6 ± 12,0	301,2 ± 18,8
S.triandra + Phalaroides arundinacea	282,0 ± 15,8	304,6 ± 27,7	396,6 ± 43,2
S.triandra + Urtica dioica + Rubus caesius	362,3 ± 13,3	339,9 ± 17,0	318,5 ± 24,7
S.triandra + Deschampsia caespitosa	458,4 ± 20,8	470,3 ± 62,0	302,5 ± 21,5
<b>Рамнетин-3-О-дигликозид</b>			
S.triandra + Heteroherbosa mesophytica	221,1 ± 35,0	261,7 ± 27,3	276,5 ± 19,2
S.triandra + Phalaroides arundinacea	225,7 ± 21,4	315,0 ± 54,4	298,0 ± 17,3
S.triandra + Urtica dioica + Rubus caesius	335,5 ± 22,8	307,0 ± 21,1	266,3 ± 14,4
S.triandra + Deschampsia caespitosa	403,2 ± 54,0	598,3 ± 48,6	529,3 ± 72,9
<b>S.alba L.</b>			
<b>Нарциссин</b>			
S.alba + Phalaroides arundinacea	628,2 ± 150,2	501,5 ± 85,2	791,7 ± 114,6
S.alba + Rubus caesius	288,0 ± 59,2	844,7 ± 97,9	814,7 ± 122,5
S.alba + Deschampsia caespitosa	1031 ± 262,6	1398 ± 162,3	853,2 ± 50,7
<b>Альбозид</b>			
S.alba + Phalaroides arundinacea	197,4 ± 22,1	220,3 ± 38,6	339,5 ± 28,5
S.alba + Rubus caesius	130,2 ± 30,3	255,2 ± 30,3	345,9 ± 36,0
S.alba + Deschampsia caespitosa	341,4 ± 144,5	419,1 ± 93,3	451,8 ± 85,0
<b>Изорамнетин-3-О-глюкозид</b>			
S.alba + Phalaroides arundinacea	131,6 ± 19,4	180,0 ± 50,6	188,1 ± 17,3
S.alba + Rubus caesius	132,9 ± 11,7	99,5 ± 13,0	178,4 ± 17,8
S.alba + Deschampsia caespitosa	189,6 ± 4,8	214,4 ± 36,0	416,3 ± 64,4
<b>Рутин</b>			
S.alba + Phalaroides arundinacea	33,2 ± 3,4	36,9 ± 6,2	44,3 ± 6,2
S.alba + Rubus caesius	25,2 ± 3,7	25,1 ± 2,1	62,2 ± 9,2
S.alba + Deschampsia caespitosa	46,1 ± 5,1	52,1 ± 15,4	134,9 ± 26,8

arundinacea. Несколько меньше этих соединений накапливают особи аналогичных местообитаний в зоне смешанных и широколиственных лесов. В степной зоне наблюдается резкое снижение (в 2 и более раз) количества флавонов в листьях *S.triandra* независимо от эдафических условий её местообитаний.

Те же закономерности прослеживаются и у *S.acutifolia*, где наибольшим содержанием флавонов в листьях отличаются представители более северной зоны и более высоких местообитаний (совместно с *Calamagrostis epigeios*). В условиях степи и пониженных местообитаний происходит снижение накопления флавонов на 25-30%.

Из числа флавонолов в листьях *S.triandra* накапливаются преимущественно рутин, изорамнетин-3-О-глюкозид и рамнетин-3-О-диглюкозид, в листьях *S.alba* - нарциссин, альбозид, изорамнетин-3-О-глюкозид и рутин (табл. 2). Ранее уже отмечалось, что в экстремальных условиях наблюдается увеличение их количества.[5] Эта закономерность прослеживается совершенно отчётливо на примере всех вышеперечисленных соединений.

Из других местообитаний оптимальными для накопления соединений данной группы являются ивняки ежевичные, причём у *S.triandra* это верно для всех изученных климатических зон, а у *S.alba* - только для одной или двух более южных. Приблизительно такой же уровень содержания флавонолов в листьях *S.triandra* характерен для особей, произрастающих совместно с *Phalaroides arundinacea* в степи и в зоне смешанных и широколиственных лесов, а также для представителей *S.triandra* степной зоны в условиях приуроченности. В остальных местообитаниях содержание флавонолов в листьях *S.triandra* заметно снижается.

О накоплении флавонолов в листьях *S.alba* можно сказать то же самое - оно значительно ниже в более северных зонах и более низких местообитаниях. Небольшие отличия касаются лишь поведения изорамнетин-3-О-глюкозида и рутина в зоне смешанных и широколиственных лесов.

Таким образом, флавоны и гликозиды флавонолов по-разному реагируют на условия произрастания. Низкое залегание почвенногрунтовых вод и климатические условия лесной зоны способствуют накоплению в листьях ив флавонов, тогда как гликозиды флавонолов накапливаются в максимальных количествах во внепойменных экстремальных местообитаниях, а также в фитоценозах с участием *Rubus caesius* и в степной зоне.

## ЛИТЕРАТУРА.

1. Блинцов И.К., Забелло К.Д. Практикум по почвоведению. Минск, 1979-208с.
2. Георгиевский В.П., Н.Ф. Комиссаренко, С.Е.Дмитрук. Биологически активные вещества лекарственных растений.// М., «Наука», 1990. - 332 с.
3. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике, М.: Наука, 1990.- 296 с.
4. Кузьмичева Н.А., Шелюто В.Л. Хроматоспектрофотометрическое определение флавоноидов в листьях видов рода *Salix* L.// Весці АН Беларусі. Сер. біялагічных навук. 1992.- № 3-4, с. 14-18.
5. Кузьмичева Н.А., Мазан И.Ф. Эдафически обусловленная изменчивость пойменных видов ив.// Сб. Ботаника. 1992.- Вып. XXXI.
6. Мазан И.Ф. Видообразование у ив// Тезисы VII делегатского съезда БРБО, Березинский заповедник, 1991.
7. Парфенов В.И., Кузьмичева Н.А., Мазан И.Ф. Климатически обусловленная изменчивость пойменных видов ив.//Сб. Ботаника, 1992. Вып. XXXI.
8. Парфёнов В.И., Мазан И.Ф. Ивы (*Salix* L.) Белоруссии: Таксономия, фитоценология, ресурсы.- Мн.: Наука и техника, 1986.- 167 с.
9. Растения для нас. Справочное издание. // Под ред. Г.П.Яковлевой и К.Ф.Блиновой. С.-Петербург, «Учебная книга», 1996.-653 с.
10. Харборн Дж.Б. Введение в экологическую биохимию.- М.:Мир,1985.-311 с.